

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	一般廃棄物焼却飛灰のマイクロスケールでの地球化学的特性評価
Title(English)	Micro-scale geochemical characterization of municipal solid waste incineration fly ash
著者(和文)	北村洋樹
Author(English)	Hiroki Kitamura
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10841号, 授与年月日:2018年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:高橋 史武,吉川 邦夫,日野出 洋文,竹下 健二,時松 宏治
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10841号, Conferred date:2018/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第		号	学位申請者氏名	北村 洋樹	
		氏名	職名		氏名	職名
論文審査 審査員	主査	高橋 史武	准教授	審査員	時松 宏治	准教授
	審査員	吉川 邦夫	教授			
		日野出 洋文	教授			
		竹下 健二	教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Micro-scale geochemical characterization of municipal solid waste incineration fly ash」と題して、次の7章から構成されている。

第1章「Introduction」では、日本の廃棄物処理、廃棄物焼却残渣、飛灰の処理方法について既往の研究をレビューしている。飛灰の微視的特性が未だに未解明であることからその特性を明らかにすること、飛灰処理として日本で一般的なキレート処理が飛灰特性に与える影響も併せて明らかにするという本研究の目的を説明している。

第2章「Morphological characteristics of MSWI fly ash particles」では、XRD分析によって同定された飛灰中の鉱物組成を示し、飛灰粒子の形態観察から未処理飛灰（以下、原灰とする）は4種類、キレート処理済飛灰（以下、処理灰とする）は6種類に分類できることを説明している。そして処理灰ではXRD分析では検出できなかった二次鉱物が顕著に生成していることを示し、飛灰は鉱物学的に活性であることを述べている。

第3章「Geochemically structural characteristics of MSWI fly ash particles」では、3種類の溶出試験を用いて飛灰中の溶解性および難溶解性マトリクスを除去し、飛灰粒子の地球化学的構造を明らかにしている。飛灰粒子はケイ素主体の様々な骨格形状の難溶解性コア、その周りにAl/Ca/Si主体の準溶解性マトリクス、およびKCl/NaCl主体の易溶解性凝集物からなる粒子表面を持つことを明らかにしている。

第4章「The impacts of secondary mineral formation on toxic metal immobilization」では、キレート処理によって生成した二次鉱物が、重金属不溶化に与える影響について述べている。SEM-EDXによる500点以上の分析の結果、Ettringiteの結晶中に重金属が置換的に封入されるケースは見出されなかった。一方、難溶解性のGypsumが粒子表面に形成された場合、湿潤条件においてNaClやKClなどの溶解性元素の移動が抑制されたことから、難溶解性の二次鉱物が重金属の物理的不溶化に関与することが示唆された。ただし難溶解性の二次鉱物が生成されるケースが少なく、総括して二次鉱物による不溶化効果は限定的なものに留まると結論づけている。それを踏まえ、キレート処理による重金属不溶化の効果持続期間は、キレート錯体の安定化期間にほぼ等しいとしている。

第5章「Possible metal species and their matrix estimated by micro-scale correlation analysis」では、SEM-EDXによる元素マッピングデータをラインプロファイル解析することにより、重金属の化学形態について推定している。Tiはrutileやpervskiteが多く、他の重金属(Cu, Cr, Fe, Mn, Zn)は酸化物が主体であった。Tiを含めこれらの酸化物はAl/Ca/Si主体の準溶解性マトリクスに取り込まれている反面、Crは粒子表面もしくは難溶解性コアに多く存在すると推定された。Znは塩化物もしくはspinelの形態で表面に存在していると述べている。重金属の溶解性はその化学形態とpHなどの環境条件に強く支配されると考えられてきたが、本研究は重金属酸化物が取り込まれている準溶解性マトリクスの溶解性も支配要因の1つとなる可能性を述べている。

第6章「Intra- and inter-particle heterogeneity of MSWI fly ash particles」では、粒子内および粒子間での飛灰粒子の不均一性を定量的に評価している。粒子内および粒子間においても飛灰粒子は不均一であり、元素および飛灰粒子の構成要素（難溶解性コア、Al/Ca/Si主体の準溶解性マトリクス、粒子表面）によっても不均一性が大きく異なる。また、不均一性分析により、Al/Ca/Si主体の準溶解性マトリクスはCa主体の鉱物にアルミノシリケート鉱物が結合ないし混在している状態にあることを述べている。

第7章「Conclusions and recommendations」では、本研究で得られた成果を総括し、今後の課題について述べている。

以上より、本論文は一般廃棄物焼却飛灰について、その粒子内構造、二次鉱物の生成による重金属の不溶化効果、重金属の化学形態およびその外部マトリクス、粒子内および粒子間の不均一性について明らかにしたものである。これらの成果は一般廃棄物焼却飛灰の特性理解に貢献するものであり、廃棄物工学やリサイクル工学への貢献は大きい。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として十分にその価値があるものと認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。